

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-101113

(43)Date of publication of application : 04.04.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/022

(21)Application number : 2001-295939

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 27.09.2001

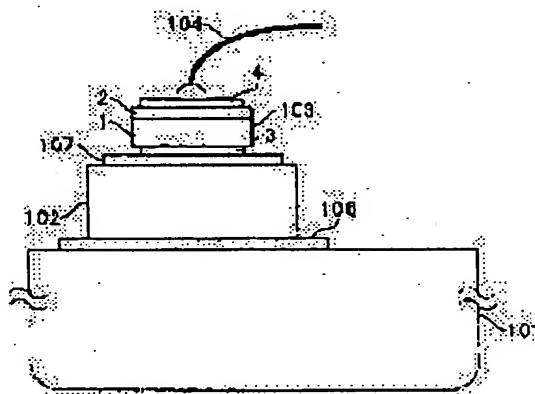
(72)Inventor : HANAOKA DAISUKE

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nitride semiconductor laser having a long laser oscillation lifetime.

SOLUTION: When a nitride semiconductor laser element 103 is secured to a supporting basic body, i.e., a submount 102, by means of a solder 107, a submount made of such a material as having a thermal expansion coefficient higher than that of a nitride semiconductor substrate is used. Thickness of the submount is set not thinner than 1.2 times that of a multilayer structure of nitride semiconductor comprising an n-type GaN substrate 1 and a multilayer part of nitride semiconductor, and the thickness of a metallic film between the n-type GaN substrate 1 and the submount 102 is set in the range of 1-50 μm .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.06.2005 -

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-101113

(P2003-101113A)

(43) 公開日 平成15年4月4日(2003.4.4)

(51) Int.Cl.

H01S 5/022

識別記号

F I

H01S 5/022

キーワード(参考)

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-295939(P2001-295939)

(22) 出願日 平成13年9月27日(2001.9.27)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 花岡 大介

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫

Fターム(参考) 5F073 AA13 AA74 CA17 CB02 CB22

DA05 EA28 FA14 FA16 FA22

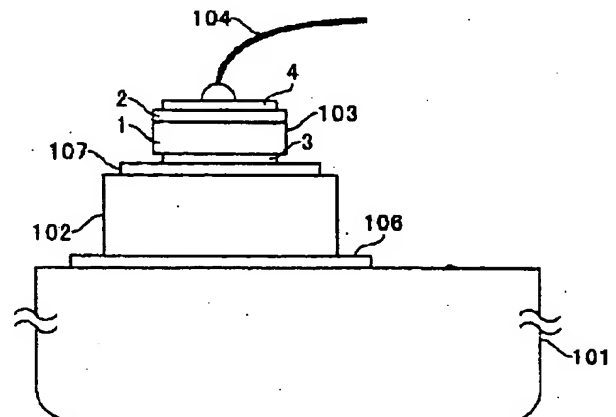
FA27

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、レーザ発振寿命の長い窒化物半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

【解決手段】窒化物半導体レーザ素子103をハンダ107で、支持基体となるサブマウント102に固定する際、窒化物半導体基板の熱膨張係数よりも大きな熱膨張係数を有する材料からなるサブマウントを用い、サブマウントの厚さを、n型Ga N基板1と窒化物半導体積層部2とで構成される窒化物半導体積層構造の厚さの1.2倍以上とし、n型Ga N基板1とサブマウント102との間の金属膜の厚さを1~50 μ mとする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 窒化物半導体基板と該窒化物半導体基板の表面上に積層される複数の窒化物半導体層から成る窒化物半導体積層部とを備えた窒化物半導体レーザ素子と、該窒化物半導体レーザ素子を固定する支持基体とを備えた窒化物半導体レーザ装置において、

前記支持基体が、熱膨張係数が前記窒化物半導体レーザ素子を構成する窒化物半導体基板の熱膨張係数よりも大きい材質で構成されるとともに、その厚さが前記窒化物半導体基板と前記窒化物半導体積層部とで成る窒化物半導体積層構造部の厚さの 1.2 倍以上であることを特徴とする窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 2】 前記窒化物半導体積層構造部と前記支持基体との間の金属層の厚さが、前記窒化物半導体積層構造部の厚さの半分以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記窒化物半導体レーザ素子を前記支持基体に固定するためのハンダの材質が、AuSn、AgSn、AuSi、AuGe、PbSn、InSn、AgCuSn、又は、AuSn、AgSn、AuSi、AuGe、PbSn、InSn、AgCuSn のいずれかを含む化合物であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 4】 前記支持基体を備えたステムを有するとともに、

前記支持基体がサブマウントであり、前記サブマウントを固定するチップ搭載部が前記ステムに設けられることを特徴とする請求項 1～請求項 3 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 5】 前記サブマウントに前記窒化物半導体レーザ素子を固定するためのハンダの融点が、前記チップ搭載部に前記サブマウントを固定するためのハンダの融点より高いことを特徴とする請求項 4 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 6】 前記支持基体を備えたステムを有するとともに、

前記支持基体が前記ステムに設けられたチップ搭載部であることを特徴とする請求項 1～請求項 3 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 7】 前記窒化物半導体レーザ装置の前記窒化物半導体基板側が前記支持基体に固定されることを特徴とする請求項 1～請求項 6 のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 8】 前記窒化物半導体基板と前記支持基体との間の金属層の厚さが、 $1\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 7 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 9】 前記窒化物半導体レーザ装置の前記窒化物半導体積層部側が前記支持基体に固定されることを特徴とする請求項 1～請求項 6 のいずれかに記載の窒化物

半導体レーザ装置。

【請求項 10】 前記窒化物半導体積層部と前記支持基体との間の金属層の厚さが、 $1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 9 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、窒化物半導体レーザ素子が支持基体に備えられた窒化物半導体レーザ装置に関するものである。尚、本明細書において、窒化物半導体とは、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, $x+y+z=1$) で構成されるものである。このとき、この窒化物半導体の窒素元素のうち、略 10% 以下（但し、六方晶系であること）が As, P, Sb のいずれかの元素に置換されていても構わない。又、窒化物半導体中に Si, O, Cl, S, C, Ge, Zn, Cd, Mg, Be がドーピングされているものでも構わない。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザ素子は、単色性が良く強い光が放射されるので、レーザ射出光を集光したときのスポットサイズを小さくすることができ、光ディスクや光磁気ディスクなどの光が照射されて記録及び再生が行われる記録メディアの駆動装置における光ピックアップに設けられる光源などとして、用いられる。特に、波長が短く且つ光出力が得られる窒化物半導体レーザ素子は、DVD などの高密度記録メディアの駆動装置用として用いられるよう、赤色半導体レーザ素子に代わる光ピックアップ素子として開発が推進されている。

【0003】このような窒化物半導体レーザ素子が、特開平 11-340571 号公報に提示されている。この特開平 11-340571 号公報で示される窒化物半導体レーザ素子の構造を図 11 に示す。図 11 に示す窒化物半導体レーザ素子は、窒化物半導体基板 500 の表面に、n 型クラッド層 501、n 型光ガイド層 502、活性層 503、p 型光ガイド層 504、p 型クラッド層 505、p 型コンタクト層 506、絶縁膜 507、及び p 電極 508 を順に備え、窒化物半導体基板 500 の裏面に、n 型コンタクト層 509 及び n 電極 510 を順に備える。

【0004】この図 11 のように構成される窒化物半導体レーザ素子がステムに設置されることによって、窒化物半導体レーザ装置が形成される。即ち、図 3 のように、ステム 100 に設けられたチップ搭載部 101 上の支持基体 102 上に窒化物半導体レーザ素子 103 が搭載される。この際、支持基体 102 と n 電極 510 が接触するように設置され、窒化物半導体レーザ素子 103 を支持基体 102 上に固定するために、支持基体 102 の設置面上を Au でメタライズして、n 電極 510 を熱圧着させる。又、p 電極 508 は Au 線であるワイヤ 1

04を介してピン105bと電氣的に接続される。尚、ピン105aは、チップ搭載部101及び支持基体102と電氣的に接続される。ピン105a、105bは、ステム100と電氣的に絶縁されている。

【0005】このように窒化物半導体レーザ装置が構成されるとき、ピン105a、105bに異なる電位の電圧を印加して、窒化物半導体レーザ素子103のn電極510及びp電極508に電圧を印加することによって、窒化物半導体レーザ素子103がレーザ発振動作を行う。

【0006】又、従来より使用されているGaAs系の半導体レーザ装置の場合、半導体レーザ素子が搭載される支持基体(図3の支持基体102に相当する)は、半導体レーザ素子の基板として用いられるGaAsと熱膨張係数が極力近く、熱伝導率が高い材質(例えば、SiC)が用いられていた。これは、GaAs系の半導体レーザ装置の場合、半導体レーザ素子を構成するGaAsと大きく異なる熱膨張係数の材質が支持基体に用いられると、半導体レーザ素子を支持基体にハンダ付けしたときに、半導体レーザ素子に大きな応力が発生し、半導体レーザ素子に欠陥が生じて、そのレーザ発振寿命が短くなるからである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の技術で示されるような窒化物半導体レーザ装置においては、レーザ発振寿命は短かった。又、GaAs系の半導体レーザ素子と同様にして、図3の支持基体の材料としてSiCを用いた場合も、そのレーザ発振寿命が短くなる。

【0008】このような問題を鑑みて、本発明は、レーザ発振寿命の長い窒化物半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の窒化物半導体レーザ装置は、窒化物半導体基板と該窒化物半導体基板の表面上に積層される複数の窒化物半導体層から成る窒化物半導体積層部とを備えた窒化物半導体レーザ素子と、該窒化物半導体レーザ素子を固定する支持基体とを備えた窒化物半導体レーザ装置において、前記支持基体が、熱膨張係数が前記窒化物半導体レーザ素子を構成する窒化物半導体基板の熱膨張係数よりも大きい材質で構成されるとともに、その厚さが前記窒化物半導体基板と前記窒化物半導体積層部とで成る窒化物半導体積層構造部の厚さの1.2倍以上であることを特徴とする。

【0010】このとき、前記窒化物半導体積層構造部と前記支持基体との間の金属層の厚さを、前記窒化物半導体積層構造部の厚さの半分以下とすることによって、前記窒化物半導体レーザ素子の熱膨張係数と前記支持基体の熱膨張係数との違いによる前記窒化物半導体レーザ素

子への効果を強くすることができる。

【0011】又、前記窒化物半導体レーザ素子を前記支持基体に固定するためのハンダの材質に、AuSn、AgSn、AuSi、AuGe、PbSn、InSn、AgCuSn、又は、AuSn、AgSn、AuSi、AuGe、PbSn、InSn、AgCuSnのいずれかを含む化合物を用いる。このようなハンダにおいて、融点の高い材質のものとしても良い。

【0012】又、前記支持基体を備えたステムを有するとともに、前記支持基体がサブマウントであり、前記サブマウントを固定するチップ搭載部が前記ステムに設けられるようにしても構わない。即ち、前記チップ搭載部に、前記窒化物半導体レーザ素子がマウントされた前記支持基体となる前記サブマウントを設置することによって、窒化物半導体レーザ装置を構成する。このとき、前記サブマウントに前記窒化物半導体レーザ素子を固定するためのハンダの融点を、前記チップ搭載部に前記サブマウントを固定するためのハンダの融点より高くすることで、前記窒化物半導体レーザ素子を前記サブマウントに固定した後、該サブマウントを前記チップ搭載部に固定することができる。

【0013】又、前記支持基体を備えたステムを有するとともに、前記支持基体が前記ステムに設けられたチップ搭載部とすることで、前記サブマウントを省き、窒化物半導体レーザ装置の製造工程を少なくすることができる。

【0014】又、前記窒化物半導体レーザ装置の前記窒化物半導体基板側が前記支持基体に固定されるようにしても構わない。このとき、前記窒化物半導体基板と前記支持基体との間の金属層の厚さが、1 μ m以上50 μ m以下とする。

【0015】又、前記窒化物半導体レーザ装置の前記窒化物半導体積層部側が前記支持基体に固定されるようにしても構わない。このとき、前記窒化物半導体積層部と前記支持基体との間の金属層の厚さが、1 μ m以上10 μ m以下とする。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。図1は、本発明の窒化物半導体レーザ装置に設けられる窒化物半導体レーザ素子の構成を示した断面図である。まず、この図1に示す窒化物半導体レーザ素子の構成について、以下に説明する。

【0017】図1の窒化物半導体レーザ素子は、n型GaInN基板1の表面上に、n型AlGaInNバッファ層201、n型AlGaInNコンタクト層202、n型AlGaInNクラッド層203、n型AlGaInNガイド層204、AlGaInN多重量子井戸活性層205、p型AlGaInNガイド層206、p型AlGaInNクラッド層207及びp型AlGaInNコンタクト層208が順に積層されるとともに、p型AlG

5
a l n N クラッド層 207 の表面上で且つ p 型 A l G a l n N クラッド層 207 及び p 型 A l G a l n N コンタクト層 208 で構成されるリッジ部分 210 の両側に絶縁膜 209 が設けられる。

【0018】又、この窒化物半導体レーザ素子は、n 型 Ga N 基板 1 の裏面側に n 電極 3 が設けられるとともに、p 型 A l G a l n N コンタクト層 208 及び絶縁膜 209 の表面上に p 電極 4 が設けられる。尚、リッジ部分 210 は、共振器方向に延伸したストライプ状の構成である。よって、図 1 の窒化物半導体レーザ素子は、リッジストライプ型の構造となる。

【0019】この窒化物半導体レーザ素子は、最初に n 型 Ga N 基板 1 を有機洗浄する。そして、n 型 Ga N 基板 1 を MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 装置内に搬入し、各層毎に、適切な基板温度にて、原料ガス及びキャリアガスを適量導入することによって、n 型 A l G a l n N バッファ層 201、n 型 A l G a l n N コンタクト層 202、n 型 A l G a l n N クラッド層 203、n 型 A l G a l n N ガイド層 204、A l G a l n N 多重量子井戸活性層 205、p 型 A l G a l n N ガイド層 206、p 型 A l G a l n N クラッド層 207 及び p 型 A l G a l n N コンタクト層 208 が順に積層される。

【0020】このとき、n 型 A l G a l n N クラッド層 203 が、後述する n 型 A l G a l n N ガイド層 204 に比べて、屈折率が小さく且つバンドギャップが大きくなるように形成され、又、p 型 A l G a l n N クラッド層 207 が、後述する p 型 A l G a l n N ガイド層 206 に比べて、屈折率が小さく且つバンドギャップが大きくなるように形成される。又、A l G a l n N 多重量子井戸活性層 205 は、障壁層及び井戸層が交互に複数層を設けられることによって形成される。

【0021】そして、共振器方向に沿ってストライプ状にエッチングが行われて、リッジ部分 210 を形成すると、S i O₂ などの絶縁膜 209 を蒸着させて形成した後、p 型 A l G a l n N コンタクト層 208 を露出させる。このようにして各層が形成されるとき、n 型 A l G a l n N バッファ層 201、n 型 A l G a l n N コンタクト層 202、n 型 A l G a l n N クラッド層 203、n 型 A l G a l n N ガイド層 204、A l G a l n N 多重量子井戸活性層 205、p 型 A l G a l n N ガイド層 206、p 型 A l G a l n N クラッド層 207、p 型 A l G a l n N コンタクト層 208 及び絶縁膜 209 で構成される部分を、窒化物半導体積層部 2 とする。

【0022】この窒化物半導体積層部 2 が、n 型 Ga N 基板 1 の表面上に形成されるとき、n 型 Ga N 基板 1 の厚さが 350 μm であり、窒化物半導体積層部 2 の厚さが 10 μm である。その後、P d / M o / A u の順で蒸着して積層させて、p 電極 4 を形成する。このとき、p 電極 4 において、P d / M o / A u の層厚はそれぞれ、

150 Å / 150 Å / 200 Å となる。

【0023】次に、研削や研磨等の物理的手法や、ウェットエッチング又はドライエッチング等の化学的手法を用いることで、n 型 Ga N 基板 1 の裏面側を削って、n 型 Ga N 基板 1 と窒化物半導体積層部 2 と p 電極 4 で構成されるウェハの厚さを 40 ~ 250 μm に調整する。このようにすることで、ウェハを分割しやすい厚さに調整する。このとき、特に、端面ミラーも分割時に形成する場合には、40 ~ 200 μm と薄めに調整することが望ましい。尚、第 1 の実施形態で使用する場合、研削機を用いてウェハの厚みを 180 μm に調整した後、研磨機を用いてウェハの厚みを 150 μm に調整した。

【0024】次に、n 型 Ga N 基板 1 の裏面側から T i / A l / M o / P t / A u の順序で n 電極 3 を、真空蒸着法やイオンプレーティング法やスパッタ法などを用いて形成する。このとき、n 電極 3 において、T i / A l / M o / P t / A u の厚さはそれぞれ、300 Å / 1500 Å / 80 Å / 150 Å / 1500 Å となる。そして、T i / A l は n 型 Ga N 基板 1 とのオーミック接触をとるための層であり、M o は A u と A l とが合金化することを防止するためのブロック層であり、P t はハンダが n 電極 3 のコンタクトをとる部分との反応が進みすぎないようにするための層であり、A u は支持部材上にマウントして設置する際にハンダと混合させて強固に設置するための層である。

【0025】このように、n 型 Ga N 基板 1 に、窒化物半導体積層部 2 と n 電極 3 と p 電極 4 とを形成すると、共振器方向と垂直な方向に分割を行う。このとき、裏面側となる n 電極 3 を上にして、n 型 Ga N 基板 1 と窒化物半導体積層部 2 と n 電極 3 と p 電極 4 とで構成されるウェハを、ダイヤモンド刃を備え溝を切るための装置であるダイサーなどに固定すると、ダイヤモンド針で野書きするスクライブが施されることで、スクライブラインが設けられる。

【0026】そして、ウェハにブレーキング刃などで力を加えることによって、スクライブラインに沿ってウェハを分割する。その後、同様に、共振器方向と平行な方向にブレーキング刃などで力を加えて更に分割することで、図 1 のような窒化物半導体レーザ素子を得ることができる。尚、上述のようにスクライビング法によるチップの分割を行うようにしたが、ワイヤソー又は薄板ブレードを用いて傷入れもしくは切断を行うダイシング法、エキシマレーザなどのレーザ光の照射加熱とその後の急冷により照射部にクラックを生じさせてスクライブラインを生成するレーザスクライビング法、高エネルギー密度のレーザ光を照射して照射部分を蒸発させて溝入れ加工を行うレーザアブレーション法などを用いても構わない。

【0027】以下の第 1 及び第 2 の実施形態では、このように構成される窒化物半導体レーザ素子を備えた窒化

物半導体装置について、図面を参照して説明する。

【0028】＜第1の実施形態＞本発明の第1の実施形態について、図面を参照して説明する。図2は、本実施形態の窒化物半導体レーザ装置において、窒化物半導体レーザ素子の設置状態を示す断面図である。このとき、図3のように、窒化物半導体レーザ素子が設けられることによって、窒化物半導体レーザ装置が構成される。尚、支持基体は、本実施形態において、「サブマウント」である。

【0029】本実施形態の窒化物半導体レーザ装置は、図2のように、図3のステム100に突起するように形成されたチップ搭載部101の表面上にハンダ106で固定されたサブマウント102の表面上に、窒化物半導体レーザ素子103がハンダ107によって固定される。即ち、サブマウント102が、図3に示すようにピン105aと電気的に接続されたチップ搭載部101と、ハンダ106を介して電気的に接続されるとともに、チップ搭載部101の表面上に固定される。

【0030】まず、サブマウント102の表面上に、ダイボンディング法を用いて、窒化物半導体レーザ素子103がマウントされる。即ち、サブマウント102の表面上にハンダ107を塗布して、ハンダ107の融点より若干高い温度まで加熱させてハンダ107を溶かした後、窒化物半導体レーザ素子103をn電極3がサブマウント102側になるように載せる。そして、温度を1分程度保持しながら適当な荷重を加えることによって、n電極3とハンダ107とを良くなじませる。これにより、n電極3の最表面のAu層がハンダ107中に溶解して、ハンダ材料との合金が形成される。尚、逆に、ハンダ107を窒化物半導体レーザ素子103に塗布した後、サブマウント102の表面上に設置するようにしても構わない。

【0031】引き続き、窒化物半導体レーザ素子103が表面上にハンダ107によって接着固定されたサブマウント102が、チップ搭載部101の表面上に、ハンダ106を用いて接着固定される。そして、図3のようにピン105bと接続されたワイヤ104が、窒化物半導体レーザ素子103のp電極4に接続されることによって、ピン105bと窒化物半導体レーザ素子103のp電極4とが電気的に接続される。このようにして、窒化物半導体レーザ素子103がステム100に設置されると、窒素ガス封入のため、不図示のキャップがステム100に施される。

【0032】このように窒化物半導体レーザ装置が構成されるとき、本実施形態では、ハンダ106の材料としてAgCuSnを用いるとともに、ハンダ107の材料としてAuSnを用いた。又、サブマウント102については、その材料を、n型GaN基板1の熱膨張率の高い材料であるCuとするとともに、その表面及び裏面上に、各層厚がそれぞれ0.4μm/0.1μmとなるN

i/Auを順にメッキ形成した。又、サブマウント102に窒化物半導体レーザ素子103を設置する際、ハンダ107を融解するための温度を、350℃程度とした。

【0033】このように窒化物半導体レーザ装置を構成したとき、ハンダ107を含むn型GaN基板1とサブマウント102との間の金属層の層厚を10μmとし、サブマウント102の厚さを70μmから1mmまで変化させたときのレーザ発振寿命が、図4のようになる。又、このとき、上述したように、窒化物半導体レーザ素子103のn型GaN基板1と窒化物半導体積層部2とによる窒化物半導体積層構造の厚さを150μmとする。尚、図4は、横軸が対数軸となっている。又、レーザ発振寿命は、光出力を30mWとした状態で、APC (Auto Power Control) 駆動させたときの窒化物半導体レーザ素子が駆動可能な連続時間を表す。

【0034】図4のグラフより明らかなように、支持基体であるサブマウント102の厚さが、窒化物半導体積層構造の厚さの1.2倍となる180μm以上となれば、レーザ発振寿命が1600時間以上となり、レーザ発振寿命が長くなることがわかる。更に、サブマウント102の厚さが厚くなるほどレーザ発振寿命が長くなり、窒化物半導体積層構造の厚さの2倍となる300μm以上となると、レーザ発振寿命が3000時間を超えることがわかる。

【0035】この結果は、窒化物半導体積層構造の厚さを50～350μmの間で変化させて同様の実験を行ったとき、同様の結果が得られた。即ち、サブマウント102の厚さを、窒化物半導体積層構造の厚さの1.2倍以上とすることでレーザ発振寿命が長くなり、更に、窒化物半導体積層構造の厚さの2倍以上とすることで更にレーザ発振寿命を長くすることができる。

【0036】このように支持基体であるサブマウント102の厚さを厚くすることによってレーザ発振寿命が長くなる理由として、サブマウント102の材料に、その熱膨張係数が、窒化物半導体積層構造の主要構成要素である窒化物半導体基板（本実施形態においては、GaN基板1）として用いられるGaNの熱膨張係数より大きい材料となるCuが用いられていることが挙げられる。即ち、比較例として、GaNの熱膨張係数より小さい材料であるSiCを支持基体として用いた場合において、本実施形態と同様のレーザ寿命の実験を行った場合、図12に示すようになり、レーザ発振寿命が短くなる。尚、図6に、各材料の熱膨張係数を表示する。図6に示すように、Cuの熱膨張係数は 17×10^{-6} [1/K]であり、GaNの熱膨張係数 5.6×10^{-6} [1/K]に比べて大きい、一方、SiCの熱膨張係数は 3.7×10^{-6} [1/K]であり、GaNの熱膨張係数に比べて小さい。

【0037】このように、GaNの熱膨張係数より大き

い熱膨張係数の材料が用いられたとき、窒化物半導体レーザー素子103には、サブマウント102にマウントした後、圧縮性の応力がかかっていることとなる。このように窒化物半導体レーザー素子103に圧縮性の応力がかかる状態になる場合、マウント前に比べてマウント後の方が、窒化物半導体レーザー素子103の発振閾値電流値が低くなるという現象が生じる。これにより、レーザー発振寿命が長くなると考えられる。尚、支持基体であるサブマウント102の厚さが1.2倍以下となるときは、窒化物半導体レーザー素子103のマウント後、サブマ

【0038】尚、本実施形態では、サブマウント102の材料としてCuを用いたが、その熱膨張係数がGaNの熱膨張係数よりも大きい材料、例えば、図6に示すGaAs、CuW10、Al₂O₃、CuW15、BeO、CuW20、Al-SiC、Fe、Au、Ag、Alなどでも構わない。又、これらの中で、熱伝導率が大きい材質は、放熱特性が良好であり好ましい。更に、このサブマ

【0039】又、このようにサブマウント102にGaNの熱膨張係数より高いCuが材料として用いられたとき、窒化物半導体レーザー素子103のn型GaN基板1と窒化物半導体積層部2とによる窒化物半導体積層構造及びサブマウント102の厚さをそれぞれ150μm及び300μmとし、ハンダ107を含むn型GaN基板1とサブマウント102との間の金属層の層厚を0.7μmから150μmまで変化させたときのレーザー発振寿命が、図5のようになる。

【0040】尚、このとき、金属層の層厚が数十μm以下の薄い場合には、サブマウント102又は窒化物半導体レーザー素子103の接着面に、AuSnハンダを蒸着又はスパッタにより形成する。又、金属層の層厚が数十μm以上と厚い場合は、箔状になっているAuSn箔をサブマウント102と窒化物半導体レーザー素子103との間に設置してマウントを行う。又、図5は、横軸が対数軸となっている。

【0041】図5のグラフより明らかなように、ハンダ107を含むn型GaN基板1とサブマウント102との間の金属層の層厚が1~50μmであれば、レーザー発振寿命が1600時間以上となり、レーザー発振寿命が長くなることがわかる。特に、金属層の層厚が3~10μmであるとき、レーザー発振寿命が3000時間を超えることがわかる。尚、サブマウント102の厚さを、窒化物半導体積層構造の厚さの1.2倍以上としたとき、この

結果と同様の結果が得られた。

【0042】このような結果が得られるのは、金属層の層厚が50μmを超えると、サブマウント102上に窒化物半導体レーザー素子103をマウントしたときに、窒化物半導体レーザー素子103にかかる圧縮性の応力がハンダ107によって吸収されてしまうことと、金属層の層厚が1μmよりも薄いときには、サブマウント102と窒化物半導体レーザー素子103との密着性が悪く、放熱性が悪くなってしまうことが原因と考えられる。よって、ハンダ107を含むn型GaN基板1とサブマウント102との間の金属層の層厚が1μmより薄いと

【0043】尚、本実施形態では窒化物半導体レーザー素子103をサブマウント102に接着するためのハンダ107として、AuSnを用いたが、例えば、In、Sn、Pb、InAl、AgSn、AgCuSn、ZnSn、PbIn、PbSn、InSn、AuSi、AuGe等のハンダ、又は、これらの化合物よりなるハンダを用いても構わない。又、融点が高いハンダ材料や接着強度が強いハンダ材料であることが好ましいことから、例えば、ハンダ107として、AgSn、AgCuSn、AuSi、AuGe、PbSn、InSnなどが挙げられる。

【0044】又、本実施形態では、サブマウント102の表面にNi/Auが順にそれぞれ層厚が0.4μm/0.1μmでメッキ形成されるようにしているが、ハンダ107によるサブマウント102と窒化物半導体レーザー素子103との接着性に対して必要な特性が保たれるのであれば、サブマウント102の表面上において、他の材料及び構造としても構わない。

【0045】又、サブマウント102をチップ搭載部101上に固定するために使用されるハンダ106として、AgCuSnを用いたが、例えば、PbSn、AgSn、ZnSn、In、Pbなどの他の材料系のハンダを使用しても構わない。但し、本実施形態では、窒化物半導体レーザー素子103をサブマウント102にマウントした後に、このサブマウント102をチップ搭載部101に固定するため、窒化物半導体レーザー素子103をサブマウント102に固定するために用いるハンダ107の融点よりも低い融点の材料をハンダ106に用いることが好ましい。

【0046】本実施形態では、支持基体としてサブマウントを用いるため、チップ搭載部に比べてサブマウントの表面の加工精度が高いため、窒化物半導体レーザー素子と支持基体とをより強固に確実に密着することができ、よって、特性の良好な窒化物半導体レーザー装置とすることができる。

【0047】＜第2の実施形態＞本発明の第2の実施形態について、図面を参照して説明する。図7は、本実施

形態の窒化物半導体レーザ装置において、窒化物半導体レーザ素子の設置状態を示す断面図である。このとき、図8のように、窒化物半導体レーザ素子が設けられることによって、窒化物半導体レーザ装置が構成される。

尚、支持基体は、本実施形態において、「チップ搭載部」である。又、図7及び図8のそれぞれにおいて、図2及び図3のそれぞれにおける部分と同一の部分については、同一の符号を付してその詳細な説明は省略する。

【0048】本実施形態の窒化物半導体レーザ装置は、図7及び図8のように、ステム100に突起するように形成されたチップ搭載部101の表面上に、窒化物半導体レーザ素子103がハンダ106によって固定される。その他の構成については、第1の実施形態と同様となるので、説明を省略する。

【0049】このように窒化物半導体レーザ装置を構成したとき、チップ搭載部101の厚さを、窒化物半導体レーザ素子103のn型Ga_{0.4}N基板1と窒化物半導体積層部2による窒化物半導体積層構造の厚さの1.2倍以上（特には、2倍以上）とするとともに、チップ搭載部101として、その熱膨張係数がGa_{0.4}Nの熱膨張係数よりも大きい材料を用いる。又、ハンダ106を含むn型Ga_{0.4}N基板1とチップ搭載部101との間の金属層の層厚を、1~50μmとする。このようにすることで、窒化物半導体レーザ素子103をチップ搭載部101にマウントしたとき、窒化物半導体レーザ素子103に圧縮性の応力がかかり、レーザ発振寿命が長くなる。

【0050】尚、本実施形態では、窒化物半導体レーザ素子103の窒化物半導体積層構造の厚さを200μmとし、ハンダ106の材料にAgCuSnを用いるとともにハンダ106を含むn型Ga_{0.4}N基板1とチップ搭載部101との間の金属層の層厚を20μmとした。又、チップ搭載部101については、その材料をCuとし、その表面には、蒸着により、Mo/Auの順に、それぞれの層厚が0.4μm/0.03μmとなるように形成する。又、チップ搭載部101の厚さは1000μmとした。更に、このチップ搭載部101はステム100に溶接されることで固定されている。このように構成した窒化物半導体レーザ装置のレーザ発振寿命は3000時間以上となった。

【0051】尚、本実施形態において、窒化物半導体レーザ素子103をチップ搭載部101に接合するためのハンダ106として、AgCuSnを用いたが、例えば、In、Sn、Pb、InAl、AgSn、AuSn、ZnSn、PbIn、PbSn、InSn、AuSi、AuGe等のハンダ、又は、これらの化合物よりなるハンダを用いても構わない。又、融点が高いハンダ材料や接合強度が高いハンダ材料であることが好ましいことから、例えば、ハンダ106として、AuSn、AgSn、AuSi、AuGe、PbSn、InSnなどが挙げられる。

【0052】又、本実施形態では、チップ搭載部101の表面にMo/Auが順にそれぞれ層厚が0.4μm/0.03μmでメッキ形成されるようにしているが、ハンダ106によるチップ搭載部101と窒化物半導体レーザ素子103との接着性に対して必要な特性が保たれるのであれば、チップ搭載部101の表面上において、他の材料及び構造としても構わない。

【0053】更に、第1の実施形態と同様、チップ搭載部101の材料として、Cu以外に、熱膨張係数がGa_{0.4}Nの熱膨張係数よりも大きい材料、例えば、図6に示すGaAs、CuW₁₀、Al₂O₃、CuW₁₅、BeO、CuW₂₀、Al-SiC、Fe、Au、Ag、Alなどでも構わない。又、これらの中で、熱伝導率が高い材質は、放熱特性が良好であり好ましい。更に、このチップ搭載部101は、その表面にAuなどの薄膜が形成されていても構わない。尚、用いる材料の電気伝導性が低い場合は、表面に金属層を形成し、或いは、更に配線を施すことにより電氣的接続を取るようにすると良い。

【0054】本実施形態では、支持基体としてチップ搭載部を用いるため、サブマウントを用いたときに比べて、窒化物半導体レーザ装置を製造するための工程が少なくなる。

【0055】尚、第1及び第2の実施形態において、窒化物半導体レーザ素子103のn電極3として、それぞれの厚さが300Å/1500Å/80Å/150Å/1500ÅとなるTi/Al/Mo/Pt/Auを、n型Ga_{0.4}N基板1側から順に積層したが、それぞれに必要な特性さえ保たれていれば、他の材料及び構造としても構わない。例えば、n型Ga_{0.4}N基板1とのオーミック接触をとるための層であるTi/Alの部分、例えば、Hf/Au等の層を用いても構わない。

【0056】又、上述の第1及び第2の実施形態では、窒化物半導体レーザ素子を支持基体にマウントする際、n型Ga_{0.4}N基板の裏面に設けられたn電極側が支持基体に接するようなジャンクションアップの形でマウントした場合について述べた。以下の第3の実施形態では、窒化物半導体レーザ素子を支持基体にマウントする際、窒化物半導体積層部の表面に設けられたp電極側が支持基体に接するようなジャンクションダウンの形でマウントした場合について述べる。

【0057】＜第3の実施形態＞本発明の第3の実施形態について、図面を参照して説明する。図9は、本実施形態の窒化物半導体レーザ装置に備えられる窒化物半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。又、図10は、本実施形態の窒化物半導体レーザ装置において、窒化物半導体レーザ素子の設置状態を示す断面図である。このとき、第1の実施形態と同様、図3のように、窒化物半導体レーザ素子が設けられることによって、窒化物半導体レーザ装置が構成される。尚、支持基体は、本実施形態において、「サブマウント」である。又、図9及

び図10において、図1及び図2における部分と同一の部分については、同一の符号を付してその詳細な説明は省略する。

【0058】図9の窒化物半導体レーザ素子は、図1の窒化物半導体レーザ素子と同様、n型GaN基板1の表面に、n型AlGaInNバッファ層201、n型AlGaInNコンタクト層202、n型AlGaInNクラッド層203、n型AlGaInNガイド層204、AlGaInN多重量子井戸活性層205、p型AlGaInNガイド層206、p型AlGaInNクラッド層207及びp型AlGaInNコンタクト層208が順に積層される。又、p型AlGaInNクラッド層207の表面上で且つp型AlGaInNクラッド層207及びp型AlGaInNコンタクト層208で構成されるリッジ部分210の両側に絶縁膜209が設けられる。

【0059】そして、この窒化物半導体レーザ素子は、n型GaN基板1の裏面側にn電極3が設けられるとともに、p型AlGaInNコンタクト層208及び絶縁膜209の表面上にp電極4aが設けられる。このとき、p電極4aは、図1のp電極4のようにリッジ部分210に対応する部分が凸状とされるのではなく、支持基体に接するように全体が平坦となるように形成される。このように構成される窒化物半導体レーザ素子において、窒化物半導体積層部2の厚さを $10\mu\text{m}$ とする。

【0060】図9のように構成される窒化物半導体レーザ素子103aを、図10のように、ジャンクションダウンの方式で、第1の実施形態(図2)と同様、ハンダ107によって、サブマウント102に固定する。よって、本実施形態では、第1の実施形態と異なり、p電極4a側がサブマウント102にマウントされた面となる。又、図3のようにピン105bと接続されたワイヤ104が、窒化物半導体レーザ素子103aのn電極3に接続されることによって、ピン105bと窒化物半導体レーザ素子103aのn電極3とが電気的に接続される。

【0061】このように窒化物半導体レーザ装置を構成する際、本実施形態では、窒化物半導体レーザ素子103aのn型GaN基板1と窒化物半導体積層部2とによる窒化物半導体積層構造の厚さを $200\mu\text{m}$ とする。このとき、窒化物半導体レーザ素子103aのp電極4aを、Pd/Mo/Au/Pt/Auの順で蒸着して積層することで構成し、Pd/Mo/Au/Pt/Auの層厚をそれぞれ、 $150\text{\AA}/150\text{\AA}/2000\text{\AA}/150\text{\AA}/1500\text{\AA}$ とする。

【0062】又、サブマウント102については、その材料を、n型GaN基板1の熱膨張率の高い材料であるCuとするとともに、その表面及び裏面上に、各層厚がそれぞれ $0.4\mu\text{m}/0.03\mu\text{m}$ となるMo/Auを順に蒸着し、サブマウント102の厚さを $400\mu\text{m}$ と

した。又、サブマウント102の表面上には、窒化物半導体積層部2とサブマウント102との間の金属層が、AuSnのハンダ107を含を含んで $1.5\mu\text{m}$ 形成され、このハンダ107によって、窒化物半導体レーザ素子103aがサブマウント102の表面上に接着される。更に、この窒化物半導体レーザ素子103aがマウントされたサブマウント102は、ZnSnのハンダ106によって、チップ搭載部101の表面上に固定される。

【0063】このように構成した窒化物半導体レーザ装置のレーザ発振寿命は3000時間以上となった。よって、このことより、ジャンクションアップの状態では窒化物半導体レーザ素子を設置した場合だけでなく、ジャンクションダウンの状態では窒化物半導体レーザ素子を設置した場合においても、レーザ発振寿命を長寿命化することができる。特に、本実施形態のようにジャンクションダウンの状態で設置した場合、ジャンクションアップの状態で設置した場合に比べて、発光する領域により効率よく応力を伝えることができるとともに、発光する領域にて発生する熱を支持基体に効率的に放熱できるので、より長寿命の効果を得ることができる。

【0064】尚、本実施形態では、サブマウント102を上述のような構成としたが、第1の実施形態と同様、その熱膨張係数が、窒化物半導体積層構造の主要構成要素である窒化物半導体基板(本実施形態においては、GaN基板1)としてのGaNの熱膨張係数より大きく、又、その厚さが窒化物半導体レーザ素子の窒化物半導体積層構造の厚さの1.2倍以上となればよい。又、ハンダ106、107についても、第1の実施形態と同様の条件を満たすものであれば良く、上述の材料に限定されるものではない。

【0065】又、本実施形態では、ジャンクションダウンの形で窒化物半導体レーザ素子103aを支持基体に接着させるため、ハンダ107の層厚が厚いと、窒化物半導体レーザ素子103aのpn接合面にハンダ107が接触してしまい、半導体装置として動作できなくなることがあるので、第1の実施形態と異なり、ハンダ107を含むn型GaN基板1とサブマウント102との間の金属層は、pn接合面にハンダが接触しないように、 $1\sim 10\mu\text{m}$ とすることが必要である。

【0066】更に、本実施形態では、支持基体としてサブマウントを利用したものとしたが、第2の実施形態と同様、支持基体をチップ搭載部として、直接、窒化物半導体レーザ素子をチップ搭載部にマウントするようにしても構わない。このとき、チップ搭載部及びチップ搭載部に窒化物半導体レーザ素子をマウントさせるためのハンダの条件は、サブマウント及びチップ搭載部に窒化物半導体レーザ素子をマウントさせるためのハンダの条件と同様となる。

【0067】

15

【発明の効果】本発明によると、支持基体の厚さを窒化物半導体積層構造部の厚さの1.2倍以上とするとともに、支持基体の熱膨張係数を窒化物半導体積層構造部の主要構成要素である窒化物半導体基板の熱膨張係数より大きくすることによって、窒化物半導体レーザ素子に圧縮性の応力をかけられると考えられ、窒化物半導体レーザ素子のレーザ発振寿命を長くすることができる。又、支持基体と窒化物半導体積層構造部との間の金属層の厚さを窒化物半導体積層構造部の厚さの半分以下とすることで、窒化物半導体レーザ素子に圧縮性の応力を伝えやすくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】窒化物半導体レーザ素子の構成を示すための断面図。

【図2】第1の実施形態の窒化物半導体レーザ装置の構成を示す断面図。

【図3】窒化物半導体レーザ装置の構成の一例を示す斜視図。

【図4】本発明の窒化物半導体レーザ装置における支持基体の厚さに対するレーザ発振寿命の変化を示すグラフ。

10

【図5】窒化物半導体レーザ素子と支持基体との間の金属層厚に対するレーザ発振寿命の変化を示すグラフ。

【図6】各材質の熱膨張係数を表す図。

【図7】第2の実施形態の窒化物半導体レーザ装置の構成を示す断面図。

【図8】窒化物半導体レーザ装置の構成の一例を示す斜視図。

【図9】窒化物半導体レーザ素子の構成を示すための断面図。

【図10】第3の実施形態の窒化物半導体レーザ装置の構成を示す断面図。

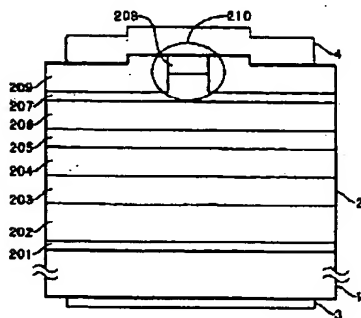
【図11】窒化物半導体レーザ素子の構成を示すための断面図。

【図12】従来の窒化物半導体レーザ装置における支持基体の厚さに対するレーザ発振寿命の変化を示すグラフ。

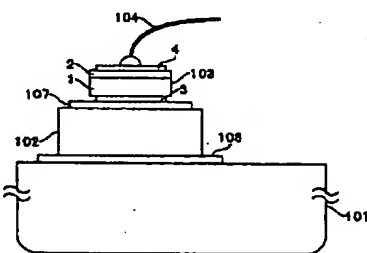
【符号の説明】

- 1 n型GaN基板
- 2 窒化物半導体積層部
- 3 n電極
- 4, 4a p電極

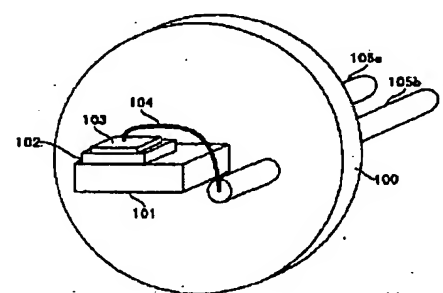
【図1】



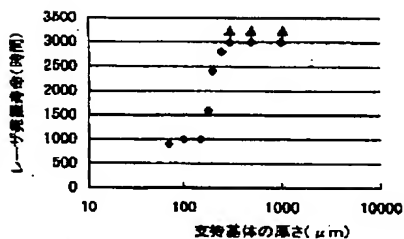
【図2】



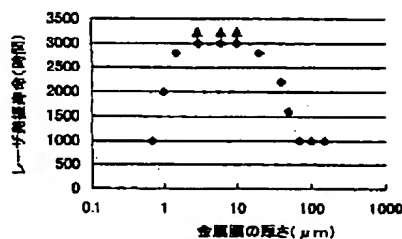
【図3】



【図4】



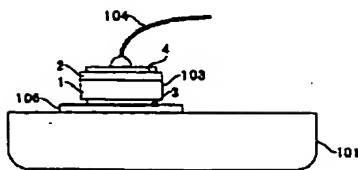
【図5】



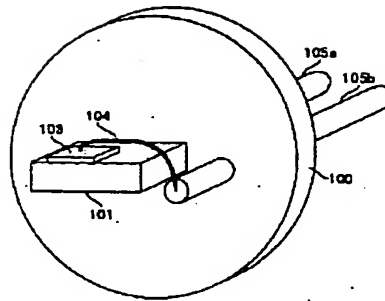
【図6】

材質	熱膨張係数(10 ⁻⁶ [1/K])
Al	23.7
Ag	19.3
Cu	17
Au	14.2
Fe	13.8
Al-SiC	8~12
CuW ₂₀	8.8
BeO	7.8
CuW ₁₅	7.2
Al ₂ O ₃	6.7
CuW ₁₀	6.5
GaAs	5.9
GaN	5.6
SiC	3.7

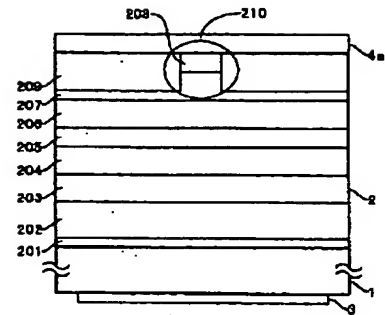
【図7】



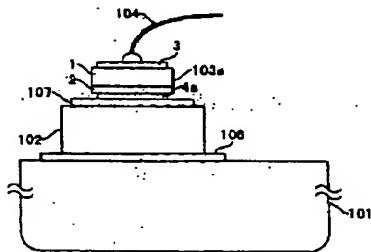
【図8】



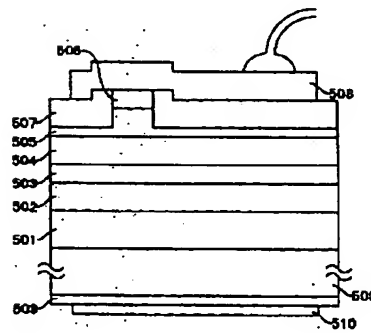
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

